

2026

Synthesezentrum Biodiversität

Verbindet Forschung & Praxis



Ein Datensatz und Toolkit zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung

Synthesebericht der Arbeitsgruppe
«Lebensraumvernetzung und Ökologische
Infrastruktur» im Rahmen
des Synthesezentrums Biodiversität

Herausgeber

Synthesezentrum Biodiversität, ETH Zürich, WSL, Eawag

Projektleitung

Sarah Richman, Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

Projektunterstützung

Alanis Camichel, Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

Johanna Gnägi, Umweltwissenschaften, ETH Zürich

Eva Lieberherr, Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

Rea Pärli, Biodiversität und Naturschutzbiologie, WSL

Alex Widmer, Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Jonas Ammann, Universität Bern; Erica Baumann, Netzwerk Schweizer Pärke;

Silvia Berger, Gemeinde Worb; Christoph Bühler, Hintermann & Weber AG;

Nina Dajcar, Kanton Schaffhausen; Giulia Donati, Eawag; Barbara Finkenbrink, Stadt Baden;

Claude Fischer, Hepia; Manuel Fischer, Eawag; Simone Fontana, Kanton St.Gallen;

Urs Gimmi, Konferenz der Beauftragten für Natur- und Landschaftsschutz (KBNL);

Jodok Guntern, SCNAT; Nik Indermühle, Stadt Bern; Heidi Käch, Kanton Thurgau;

Daniella Keller, Fornat; Roger Keller, Universität Zürich; Noelle Klein, ETH Zürich;

Jonas Landolt, inatura; Fridli Marti, Quadra GmbH; Jacqueline Oehri, Quadra GmbH;

Ervan Rutishauser, info flora; Jessica Salminen, BAT Rechtsanwälte AG;

Benedikt Schmidt, info fauna karch; Bernhard Wegscheider, Universität Bern und Eawag;

Ivo Widmer, Kompetenzzentrum Öl; Rafael Wüest; Karpati, Kanton Zürich

Quellen der Bilder:

Titlebild: St. Galler Rheintal bei Liechtenstein. Foto: Peter Allgaler, iStock

Zusammenfassung: Der Blick aus der Vogelperspektive auf die traumhafte Schweizer

Alpenlandschaft in Grindelwald in der Schweiz. Foto: Jason Yu, iStock

1. Kapitel: Bearbeitbare Vektor-Strassenkarte einer fiktiven, generischen Stadt.

Illustration: Jargenmac, iStock

2. Kapitel: Vogelschwarm fliegt über die Weinberge von Lavaux, Schweiz.

Foto: Anna Nahabed, iStock

3. Kapitel: Effektive Zusammenarbeit eines starken, engagierten Teams,

Unternehmensentwicklung und Teamwork-Vektorgrafik. Cartoon-Figuren,

die Glühbirnen halten und mit beweglichen Zahnrädern arbeiten, Zusammenarbeit von

Mitarbeitern. Illustration: Flashvector, iStock

Danksagung

Herzlichen Dank an alle, die zusätzlich zur Arbeitsgruppe Rückmeldung gegeben haben. Im Speziellen hierfür danken wir Rolf Holderegger und André Stapfer. Wir danken Jacqueline Annen und Bruno Auf der Maur für Layout und Lektorat.

Zitiervorschlag

Richman S, Gnägi J, Widmer A, Camichel A, Lieberherr E, Pärli R, Ammann J, Baumann E, Berger

S, Bühler C, Dajcar N, Donati G, Finkenbrink B, Fischer C, Fischer M, Fontana S, Gimmi U, Guntern

J, Indermühle N, Käch H, Keller D, Keller R, Klein N, Landolt J, Marti F, Oehri J, Rutishauser E,

Salminen J, Schmidt B, Wegscheider B, Widmer I, Wüest Karpati R (2026) Ein Datensatz und

Toolkit zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung. Synthesezentrum Biodiversität.

doi.org/10.3929/ethz-c-000782986

Das Synthesezentrum Biodiversität – eine gemeinsame Initiative von WSL, Eawag und der ETH Zürich mit finanzieller Unterstützung des ETH-Rats – stärkt den Wissensaustausch zwischen Forschung und Praxis im Bereich Biodiversität und Naturschutz, indem es in gemeinsamen Arbeitsgruppen praxisnahe Syntheseprodukte erarbeitet.

© 2026 Synthesezentrum Biodiversität, lizenziert unter CC BY 4.0.

ETH zürich



eawag
aquatic research

Vorwort

Die biologische Vielfalt ist für die Aufrechterhaltung globaler ökologischer und wirtschaftlicher Prozesse von entscheidender Bedeutung. Zu den Vorteilen einer gestärkten biologischen Vielfalt zählen eine verbesserte Funktionsfähigkeit der Ökosysteme, eine stärkere Anpassungsfähigkeit natürlicher Populationen und eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Biodiverse Ökosysteme verbessern die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen.

Das Syntheszentrum Biodiversität («Translational Centre Biodiversity Conservation», TCBC) ist eine gemeinsame Initiative des ETH-Rats, die ein effizientes und effektives Biodiversitätsmanagement unterstützt, indem sie relevantes Wissen bündelt und zugänglich macht und so eine Brücke zwischen Forschung und Praxis schlägt. Auf der Grundlage von Beiträgen aus der Praxis identifizieren wir Themen, die einer Synthese bedürfen, und koordinieren Expertenarbeitsgruppen, die Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen in Form von Syntheseprodukten zusammenführen: Berichte, Factsheets, Leitfäden für bewährte Verfahren und interaktive Lernformate. Wir verfolgen einen partizipativen und transdisziplinären Ansatz, um den Austausch und die Zusammenarbeit zu fördern.

Dieser Bericht wurde von der TCBC-Arbeitsgruppe «Lebensraumvernetzung und Ökologische Infrastruktur» erstellt. In einer Reihe von Workshops konzentrierte sich die Arbeitsgruppe sowohl auf die ökologischen als auch auf die politischen Aspekte der Lebensraumvernetzung. Der ökologische Teil befasste sich mit den wichtigsten Hindernissen für die Lebensraumvernetzung in der Schweiz, Ansätzen zur Überwindung dieser Hindernisse und zur Verbesserung der Lebensräume sowie mit Raumplanung und Modellierung. Die Ergebnisse der Workshops flossen in die Erstellung dieses Berichts und eines zweiten Berichts mit dem Titel «Funktionale Vernetzung von Lebensräumen: Eine konsolidierte Wissensbasis für die Schweiz» ein. Der politische Teil konzentrierte sich auf die Integration und das Mainstreaming von Politik im Zusammenhang mit der Planung der Ökologischen Infrastruktur auf kantonaler Ebene. Aus dem politischen Teil gingen zwei Produkte hervor: ein Synthesebericht mit dem Titel «Übersicht relevanter Policy-Aspekte für die sektorübergreifende Umsetzung der Ökologischen Infrastruktur» und ein Mainstreaming-Dokument mit dem Titel «Ökologische Infrastruktur umsetzen: die Rolle der sektorübergreifenden Koordination».

Rolf Holderegger

Rolf Holderegger

Direktor der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Leiter des Synthesezentrums Biodiversität



Zusammenfassung

In vielen Landschaften sind viele der für den Naturschutz bedeutenden Lebensräume nur noch kleinfächig oder in Restvorkommen vorhanden. Um die damit verloren gegangene Biodiversität wieder zu stärken, müssen die verbliebenen Fragmente und weitere geeignete Flächen qualitativ verbessert, erweitert und miteinander verbunden werden. Dieser langfristige Prozess erfordert eine gute Planung und wohlüberlegt gesetzte Prioritäten. Der gesamte Planungsprozess beginnt mit einer ersten Problembewertung und endet mit der Umsetzung von Massnahmen zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung. Ein wichtiger Schritt in diesem Gesamtprozess sind räumliche Modellierungen und Analysen, welche in diesem Bericht im Mittelpunkt stehen. Durch die Kombination von Landschafts- und Lebensraumdaten mit naturkundlichen Daten der Zielart oder -gemeinschaft erstellen Planende räumliche Karten und liefern auf dieser Grundlage Verbesserungsvorschläge zur Vernetzung von Lebensräumen.

Dieser Leitfaden soll Planende bei den wichtigsten Schritten des räumlichen Modellierungs- und Analyseprozesses unterstützen. Wir schlagen eine Reihe von Tools und Ressourcen vor:

- 1. Eine Anleitung zur Modellierung und Analyse der Lebensraumvernetzung:** Wir erläutern die wichtigsten Schritte des räumlichen Modellierungs- und Analyseprozesses, die mit Hilfe von GIS und spezieller Modellierungssoftware durchgeführt werden. Wir fassen die zugrunde liegenden räumlichen Modellierungskonzepte kurz zusammen und geben einen Überblick über verschiedene Softwaretools, die zur Durchführung von Analysen verwendet werden.
- 2. Ein konsolidierter Datensatz zur Bewegung von Arten:** Wir stellen einen Datensatz mit Verbreitungsdistanzen und anderen naturkundlichen Daten für einheimische Indikatorarten zur Verfügung. Dies sind die wichtigsten Daten, die bei der Parametrisierung räumlicher Modelle verwendet werden.

3. Eine Ressourcensammlung: Wir haben Ressourcen zusammengestellt, die bei technischen Aspekten der Modellierung und Analyse der Lebensraumvernetzung und deren Verbesserung sowie beim Aufbau von allgemeinem Wissen und Kapazitäten zu diesem Thema hilfreich sein können. Die Sammlung enthält Links zu räumlichen Datenbanken, hilfreichen Berichten und Webseiten sowie zu Projekten in der Schweiz, die sich auf die Verbesserung der Lebensraumvernetzung und allgemeine Lebensraumaufwertungen konzentrieren.

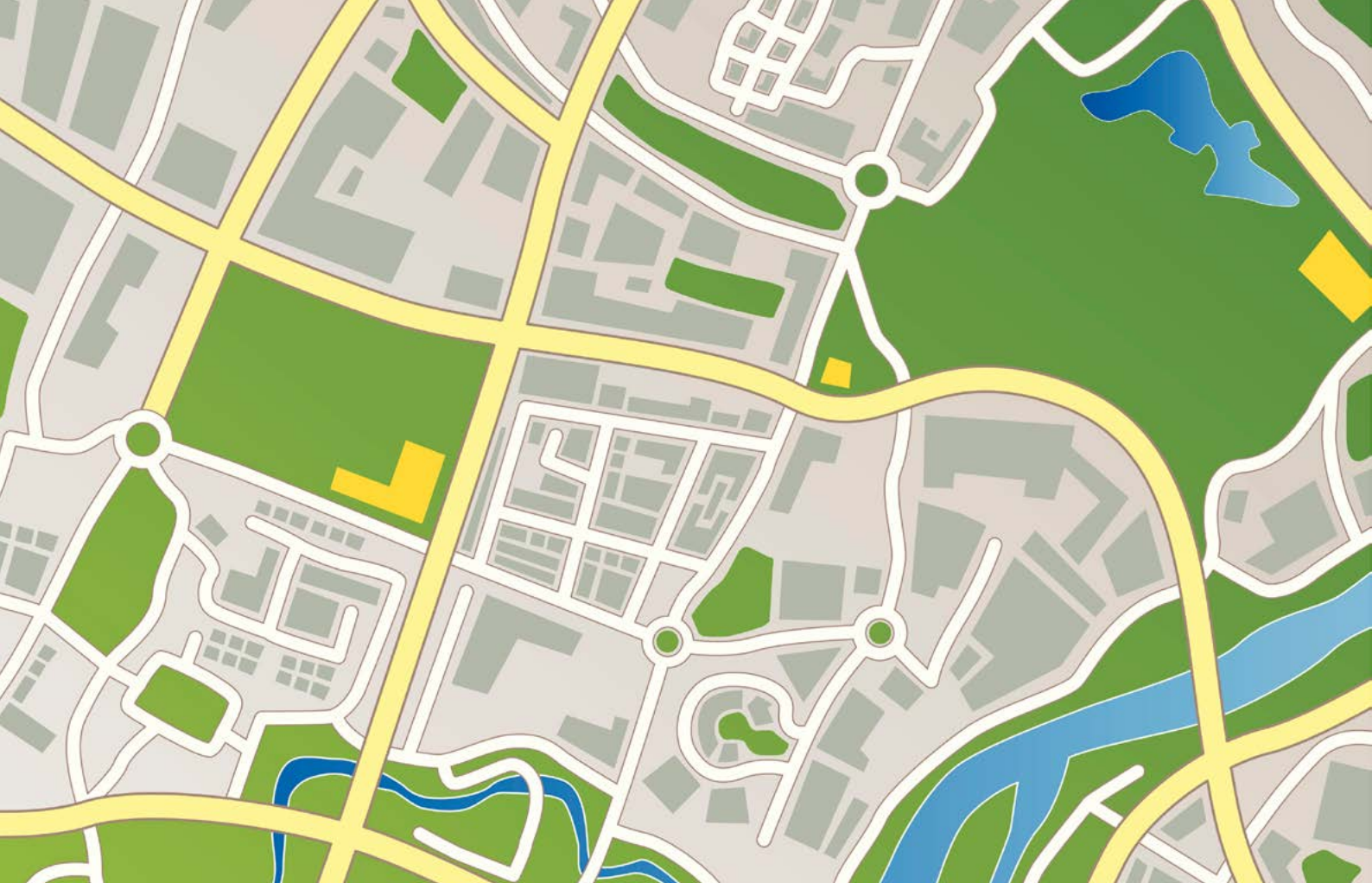
Zielgruppe

Dieser Leitfaden richtet sich an Planende im Bereich der Lebensraumvernetzung, wobei dieser Begriff mehrere verschiedene mögliche Aufgabenbereiche umfasst. Mitarbeitende in den Bereichen Naturschutz, natürliche Ressourcen, Stadtplanung oder ähnlichen Ämtern in Kantonen oder Gemeinden werden häufig mit der Aufgabe betraut, die Lebensraumvernetzung innerhalb ihres Zuständigkeitsbereichs zu verbessern. Diese Aufgabe kann Mitarbeitenden von Forschungseinrichtungen oder Ökobüros übertragen werden, die sich auf Raumökologie und -planung spezialisiert haben. Die vorliegenden Informationen und die vorgestellten Modellierungsansätze sind auch darauf ausgerichtet, die kantonalen Fachplanungen zur Ökologischen Infrastruktur (ÖI) zu ergänzen und zu unterstützen. Für die Mitarbeitenden der kantonalen Fachstellen ist es wichtig zu betonen, dass weiterführende Modellierungen nicht die bestehenden Fachplanungen ersetzen, sondern vielmehr als strategisches Werkzeug dienen, um deren Umsetzung zu optimieren. Insbesondere können zusätzliche Modellierungen dabei helfen, neue Schwerpunktbereiche zu identifizieren und kritische Lücken aufzudecken. Dadurch können spezifische Massnahmen verfeinert und die Wirksamkeit geplanter Korridore präziser bewertet werden. Daher sehen wir dieses Toolkit als nützlich für alle, die für die Bewertung und die Vorschläge zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung verantwortlich sind.

Das Toolkit bietet einen zusammenfassenden Überblick über den theoretischen Rahmen und die dabei verwendeten Modellierungsansätze sowie praktische Tipps zu den Planungsschritten. Wir gehen davon aus, dass Planende mit den Grundlagen der Raum- und Bewegungsökologie sowie mit GIS-Kartierungswerkzeugen vertraut sind. Ein tiefgreifendes technisches Hintergrundwissen ist aber nicht erforderlich. Da der gesamte Prozess eine Vielzahl von Interessengruppen umfasst, könnte dieser Leitfaden auch die Interaktion zwischen verschiedenen Stakeholdern erleichtern, indem er Einblicke in den Modellierungs- und Analyse-Teil des Prozesses gewährt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Anleitung zur Modellierung und Analyse der Lebensraumvernetzung	7
2 Konsolidierter Datensatz zur Bewegung von Arten	13
3 Ressourcensammlung	15
4 Referenzen	18



1 Anleitung zur Modellierung und Analyse der Lebensraumvernetzung

Hier beschreiben wir einen schrittweisen Prozess zur Durchführung der Modellierung und Analyse der Lebensraumvernetzung. Der Rahmen basiert auf den Prinzipien der Widerstandsoberflächen [1-4]. Wir unterteilen den Prozess in zwei Schritte: (1) Definition der Widerstandsoberfläche und (2) Durchführung der Vernetzungsanalyse. Die Definition der Widerstandsoberfläche kann in der Regel mit einer GIS-Software erfolgen. Für die Durchführung der Vernetzungsanalyse ist aber generell ein separates Software-Tool erforderlich. Allerdings kann die Analyse - abhängig von den Präferenzen der Benutzenden und/oder den Datenanforderungen - auch innerhalb der GIS-Software mit Plug-ins durchgeführt werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über räumliche Analysetheorien, welche den verschiedenen Softwaretools in Tabelle 2 zugrunde liegen. Sowohl die Definition der Widerstandsoberfläche als auch die Durchführung der Vernetzungsanalyse erfordern Dateneingaben aus verschiedenen Quellen. Diese können beispielsweise aus Fang-Wiederfang-Untersuchungen, genetischen oder experimentellen Studien, Beobachtungsdatensätzen zum Vorkommen von Arten, Fernerkundung und/oder Expertenwissen stammen [3, 5, 6]. In der Regel werden für die verschiedenen Schritte unterschiedliche Datenquellen verwendet. Es gibt viele Aspekte des Prozesses, bei denen Entscheidungen nach dem Ermessen der Planenden getroffen werden müssen. Einheitliche Leitlinien oder Anleitungen (wie in diesem Kapitel zu finden) sind von grosser Bedeutung, weil sie verhindern, dass willkürliche Entscheidungen getroffen werden. Es steht eine Wissensbasis zur Verfügung, die komplexe Entscheidungsprozesse unterstützt - auf diese Ressourcensammlung verweisen wir im Zuge des Toolkits (Kapitel 3).

Schritt 1: Definition der Widerstandsoberfläche

- **Messung der geografischen Grenzen des Untersuchungsgebiets.** Verwendet werden Geodaten zur Landbedeckung, den Lebensraumeigenschaften sowie den politischen und topografischen Grenzen, die das betreffende Gebiet charakterisieren. Es empfiehlt sich, eine Pufferzone um das Untersuchungsgebiet zu legen, um Randeffekte zu vermeiden. Die Grösse des Puffers kann je nach Untersuchungsgebiet variieren. Beispielsweise wird eine Pufferbreite von 1 km als geeignet für mittelgrosse Siedlungsräume angegeben, während grosse Stadtgebiete oder ländliche Räume eine Puffergrösse von bis zu 5 km erfordern können [7]. Sehr grosse Gebiete, wie ein ganzer Kanton, würden noch grössere Puffer erfordern. Das für die Modellierung der ÖI des Kantons Glarus zuständige Planungsteam verwendete beispielsweise einen Puffer von 10 km [8]. Wenn sich der Planungsprozess auf spezifische Arten fokussiert, ist die Grösse des Puffers auch von deren Verbreitungsdistanz (wie weit sich ein Organismus von seiner Geburtspopulation entfernt) und Aktionsraum (die räumliche Ausdehnung der täglichen Aktivitäten eines Organismus) abhängig. Der mit diesem Bericht bereitgestellte Datensatz zur Bewegung von Arten könnte für dieses Ziel genutzt werden.
- **Polygone, um geeignete Lebensraumflächen erstellen.** Innerhalb des Untersuchungsgebiets werden die Grenzen der Lebensräume definiert, in denen die Zielart oder -gemeinschaft vorkommt. Dies wird erreicht, indem zweidimensionale Formen (Polygone) um geeignete Lebensräume gezeichnet werden. Der Prozess ist derselbe, unabhängig davon, ob sich die Analyse auf eine einzelne Art oder eine Gemeinschaft konzentriert. Bei der Betrachtung einer Gemeinschaft müssen jedoch einige Verallgemeinerungen vorgenommen werden. Dies könnte beispielsweise die Verwendung eines Schirmartenkonzepts oder die Festlegung von Grenzen auf der Grundlage der empfindlichsten oder am wenigsten mobilen Arten sein. Um die Eignung eines Lebensraums zu bestimmen, sollte die potenzielle Verbreitung auf Basis von Lebensraumtyp und Umweltvariablen in der Karte eingezeichnet werden. Die Artenverbreitungsmodellierung (Species Distribution Model, SDM) ist ein gängiger Ansatz zur Bestimmung der Lebensraumeignung, wobei abhängig von der spezifischen Fragestellung oder Artengruppe unterschiedliche Schwellenwerte zur Ausscheidung von geeigneten Lebensräumen definiert werden können. Dieser Ansatz ist jedoch rechenintensiv und ohne spezielle Ausbildung wahrscheinlich schwer umzusetzen. Für die Schweiz gibt es öffentlich zugängliche Lebensraumkarten, die in der Ressourcensammlung aufgeführt sind (Kapitel 3). Die Eignung von Lebensräumen kann auch anhand anderer Daten bestimmt werden, beispielsweise anhand von Fernerkundungsdaten oder unter Einbezug von Expertenwissen [3]. Es kann auch hilfreich sein, eine Mindestfläche für die Analyse geeigneter Lebensräume festzulegen, welche anhand der Grösse des Aktionsraums einer Zielart bestimmt werden kann [9].
- **Überlagerungswiderstand.** Die Widerstandsoberfläche (auch Kostenoberfläche genannt) gibt an, wie schwierig oder energieaufwendig es für ein Individuum einer Art ist, sich durch die Landschaft zu bewegen. Den Pixeln auf den Landschafts- und Lebensraumkarten werden Widerstandswerte zugewiesen, die davon abhängen, wie undurchlässig sie sind [2, 4]. Um die Widerstandswerte genau zu quantifizieren, sind Kenntnisse über den betreffenden Organismus (wie Fortbewegungsweise, Verhalten und Ausbreitungsdistanz) wichtig. Um diese Aufgabe zu erleichtern, haben wir einen Datensatz zusammengestellt, der Ausbreitungsdistanzen, Grösse des Aktionsraums und andere naturkundliche Informationen zu Indikatorarten in der Schweiz enthält (Kapitel 2). Auch Kenntnisse über bestehende Barrieren in der Landschaft sind von entscheidender Bedeutung. Diese werden mit Bewegungs- und Verhaltensdaten verknüpft, damit das Modell vorhersagen kann, wie der betreffende Organismus auf die Barrieren reagieren wird. Es ist notwendig, die Widerstandswerte auf denselben standardisierten Bereich zu skalieren und die verschiedenen Widerstandsfaktoren nach ihrer relativen Durchlässigkeit anzuordnen [7]. Eine Möglichkeit hierfür besteht darin, den verschiedenen Widerstandsschichten eine proportionale Gewichtung zuzuweisen, sodass sie kumulativ auf 100 addieren. Chernoff (2016) liefert die folgende Formel, welche anhand der Widerstandsschichten von Vegetation, asphaltierten Strassen, bebautem Land und Schotterstrassen veranschaulicht wurde, denen jeweils Gewichte von 60 %, 10 %, 20 % und 10 % zugewiesen werden [7].

Widerstand = $\{(60 * [\text{Vegetation}] + (10 * [\text{asphaltierte Strassen}]) + (20 * [\text{bebautes Land}]) + (10 * [\text{Schotterstrassen}])\} / 100$.

Schritt 2: Durchführung der Vernetzungsanalyse

- **Software-Auswahl und Festlegung von Parameterwerten.** Eine Modellierungssoftware sollte anhand der Naturschutzziele und der relevanten Vernetzungsmetriken (Tabelle 2) ausgewählt werden. Vernetzungsmetriken sind Ergebnisse von Algorithmen, welche die Bewegungsfreiheit zwischen Lebensräumen auf Grundlage der eingegebenen Informationen (d. h. der Eigenschaften der Landschaft und der entsprechenden Organismen) quantifizieren. Bei der Modellierung der Lebensraumvernetzung werden verschiedene Ansätze verwendet, um unterschiedliche Vernetzungsmetriken zu erhalten (Tabelle 1, Spalte «Ergebnisse»). Zusätzlich zur Auswahl der Vernetzungsmetriken sollten Parameterwerte festgelegt werden (in der Regel Ausbreitungsdistanz und Widerstandswerte). Letztere werden wie oben beschrieben berechnet. Die Ausbreitungsdistanzen können aus einer Vielzahl von Datenquellen entnommen werden, unter anderem dem konsolidierten Datensatz dieses Leitfadens (Kapitel 2). Sobald die Daten in die Software eingegeben wurden, kann die Analyse durchgeführt werden.
- **Identifikation von Lücken in der Lebensraumvernetzung.** Die Modellergebnisse liefern Werte der Vernetzungsmetrik(en). Je nach verwendeter Software liefern die Modellergebnisse auch Polygone und Linien, die Lebensraumfragmente, Korridore oder Netzwerkknoten darstellen. Anhand dieser Daten können Bereiche in der Landschaft identifiziert werden, in denen die Lebensraumvernetzung verbessert werden sollte. Dies können beispielsweise isolierte Fragmente mit wenigen Verbindungen, Wege mit hohem Widerstand oder durch Barrieren beeinträchtigte Bereiche sein. Zentralitätsmetriken (Tabelle 1) können dabei helfen, wichtige Flächen oder Knoten zu identifizieren, welche die Bewegung innerhalb des gesamten Netzwerks [10, 11] am meisten verbessern können.
- **Test der Lösungen zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung.** Die Analyse kann unter Verwendung derselben Eingaben und Parameterwerte wie in den vorherigen Schritten erneut durchgeführt werden, diesmal jedoch unter verschiedenen Szenarien zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung. Die Szenarien könnten die Schaffung von Korridoren oder Trittsteinen, die Minderung von Barrieren sowie Verbesserungen oder den Schutz von Lebensräumen umfassen. Eine Übersicht über Lösungen zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung ist im Begleitdokument zu diesem Toolkit zu finden: «Funktionale Vernetzung von Lebensräumen: Eine konsolidierte Wissensbasis für die Schweiz» [12]. Es wird ebenfalls empfohlen, eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Damit wird geprüft, wie robust die Pläne gegenüber Unsicherheiten in den gewählten Parametern sind [7]. Die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien werden miteinander verglichen, um das Szenario mit dem grössten Mehrwert für die Lebensraumvernetzung zu ermitteln.

Die Ergebnisse aus dem Vergleich der verschiedenen Szenarien im Modellierungsschritt bilden die Grundlage für die Entwicklung der umzusetzenden Massnahmen. Sobald die wirksamsten Massnahmen zur Verbesserung der Lebensraumvernetzung ermittelt wurden, kann mit der Umsetzung begonnen werden. Dieser Schritt erfordert einen Zeitplan, ein Budget und eine Aufgabenzuteilung. Wahrscheinlich bedarf es auch nachhaltiger Partnerschaften mit Vertreter:innen unterschiedlicher Interessengruppen, z. B. der aus der Politik oder der Landwirtschaft. Denn nur so können die verschiedenen Interessen in den Prozess eingebunden werden, um die Ergebnisse der Vernetzungsanalyse zu spiegeln und umsetzbare Massnahmen mit breiter Unterstützung zu definieren. Die Entwicklung von «Best Practices» für diesen Prozess würde den Rahmen dieses Berichts sprengen, aber für Themen im Zusammenhang mit der sektorübergreifenden Integration von Politik empfehlen wir einen weiteren Bericht des Synthesezentrums Biodiversität: «Übersicht relevanter Policy-Aspekte für die sektorübergreifende Umsetzung der Ökologischen Infrastruktur» [13].

Tabelle 1. Überblick über die Konzepte, auf denen die vorgestellten Modellierungen und Analysen der Lebensraumvernetzung basieren. Die Modelle nutzen Aspekte von Landschaftsdaten und artspezifischen Daten zu Bewegungs- und Ausbreitungsmustern, um den Widerstand einer Landschaft vorherzusagen. Die Konzepte unterscheiden sich geringfügig in ihren mathematischen Ansätzen. Die Tabelle enthält Beschreibungen der einzelnen Modelle und eine Liste der Indizes zur Lebensraumvernetzung oder anderer Modellergebnisse. Eine detailliertere Übersicht über die hier aufgeführten Konzepte finden Sie in den folgenden Publikationen: [14] Correa Ayram et al. 2015; [15] Hashemi & Darabi 2022; [10] Singleton und McRae 2013; [16] Tiwari et al. 2023.

Rahmen	Beschreibung	Indizes
Graphentheorie	Die Landschaft wird als ein System von Knoten (Lebensraumfragmente) und Kanten (Vernetzung zwischen den Knoten) definiert, wobei mathematische Logik zur Analyse von Vernetzungsmustern und Netzwerkeigenschaften verwendet wird.	In Forschung und Praxis werden Dutzende von Indizes verwendet, die in Tabelle 3 von Hashemi und Darabi (2022) zusammengefasst sind. Zu den am häufigsten verwendeten gehören die «Probability of Connectivity» (PC) und der «Integral Index of Connectivity» (IIC).
Netzwerkanalyse	Ähnlich wie in der Graphentheorie wird die Landschaft als eine Reihe von Knoten und Kanten definiert, was die Analyse von Interaktionen (d. h. Vernetzung) innerhalb des Systems ermöglicht.	Zusätzlich zu einigen Indizes, die in der Graphentheorie verwendet werden: Zentralitätsmasse, Verschachtelung, Modularität, Netzwerkbustheit
Schaltungstheorie	Arten und Lebensräume werden wie der Stromfluss durch einen Stromkreis modelliert. Lebensraumfragmente sind die Knotenpunkte und die Bewegungsfreiheit entspricht dem Leitfähigkeitsgrad.	Stromfluss, Widerstandsabstand, Zentralität
Kosten-Distanz-Analyse	Die Landschaft wird als «Kostenoberfläche» definiert, die den Schwierigkeitsgrad der Fortbewegung durch verschiedene Landschaftselemente darstellt. Das Modell berechnet die kumulierten Kosten verschiedener Routen.	Kostengünstigster Weg, Kostenentfernung, Kostenoberfläche
Zentralitätsanalyse	Definiert Lebensraumfragmente als Netzwerk von Knoten und identifiziert die wichtigsten oder einflussreichsten Knoten anhand ihrer Position im Netzwerk oder der Anzahl ihrer Verbindungen.	Gradzentralität, Zwischenzentralität, Nähezentralität, Eigenvektorzentralität

Tabelle 2. Software-Tools für die Modellierung der Lebensraumvernetzung. Die Tabelle enthält Beschreibungen der einzelnen Softwareprogramme und kategorisiert danach, ob es sich um eigenständige Software-Tools oder um Pakete handelt, die innerhalb von GIS oder R verwendet werden können. Die Benutzerfreundlichkeit und die Codierungsanforderungen wurden anhand von Beiträgen der Arbeitsgruppe und Bewertungen der online verfügbaren Software ermittelt. Die Komplexitätslevels reichen von der «Grobanalyse», die auf einfachen Algorithmen mit nur einem Pfad wie dem Least-Cost Path (LCP) basiert, bis zur «maximalen Differenzierung», die fortgeschrittene, ökologisch realistische Methoden wie die Graphentheorie und die Schaltungstheorie anwendet.

Name des Tools	Typ	Beschreibung	Ergebnisse	Benutzerfreundlichkeit	Codierungsanforderungen	Komplexitätslevels
Graphab [17]	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiziert Lebensraumfragmente und Vernetzung, um Vernetzungsindizes aus Landschaftskarten und geolokalisierten Punkten zu berechnen • Ermöglicht die Analyse von Veränderungen der Konnektivität durch Modifizierung von Landschaftselementen • Integriert sich in QGIS und das R-Paket graph4lg 	Landschaftsvernetzungsmetriken, grafische Visualisierungen	Hoch	Keine	Fortgeschritten graphbasiert
Conefor [18]	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendet den «Integral Index of Connectivity» (IIC) und die «Probability of Connectivity» (PC) • Enthält eine Fallstudie in der Schweiz für Graslandpflanzen 	Vernetzungsmetriken, Bedeutungswerte von Lebensraumfragmenten	Hoch	Keine	Fortgeschritten graphbasiert
Landscape Corridors	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellt Widerstandsoberflächenkarten mit mehreren Korridoren unter Verwendung der Lebensraumanforderungen der Arten und eines Algorithmus für den kostengünstigsten Weg • Simuliert die Auswirkungen stochastischer Ereignisse 	Korridore mit geringsten Kosten, Korridoranalysen	Hoch	Keine	Zwischenstufe
Condatis [19]	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungshilfe zur Identifizierung und Einstufung geeigneter Lebensräume für eine verbesserte Landschaftsvernetzung • Verwendet naturkundliche Daten (Ausbreitung, Fortpflanzung) für Bewegungssimulationen und lokalisiert Engpässe • Eignet sich gut für klar definierte, fragmentierte Lebensräume, ist jedoch für geografisch kleine Gebiete weniger effektiv 	Graphenbasierte Vernetzungsmetriken	Mässig	Keine	Maximal differenziert
MulTy-Link [20]	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Benutzer weisen den Eingabedaten (Kostenoberfläche oder Artenverteilungsraster) Kosten und Reibungswerte zu • Bietet zusammenfassende Statistiken zu räumlichen Netzwerkkosten und zur Erreichung von Naturschutzziele • Strebt effiziente Lösungen durch Abwägen von Konnektivität und Kosten an 	Optimale Schutzgebietskarten, Kosten- und Darstellungsübersichten	Mässig	Keine	Maximal differenziert
UNICOR	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Netzwerk-Simulationsmodellierungstool zur Identifizierung von Lebensraumfragmentierung und Landschaftsvernetzung • Verwendet Rasterdaten zur Widerstandsoberfläche mit kostengünstigsten Pfaden oder Schaltungstheorie unter Einbezug naturkundlicher Daten 	Stromflusskarten, Vernetzungsmetriken, Spannungskarten	Mässig	Python hilfreich	Maximal differenziert
Circuitscape und Omniscape [21]	Eigenständige Software	<ul style="list-style-type: none"> • Circuitscape prognostiziert die Konnektivität in heterogenen Landschaften auf Basis der Schaltungstheorie • Omniscape erweitert Circuitscape um omnidirektionale Vernetzung (nützlich für mehrere Arten) • Bietet Vernetzungsmetriken für Flussdiagramme 	Flussdiagramme, Vernetzungsmetriken	Mässig	Minimaler Programmieraufwand (GUI-gesteuert)	Maximal differenziert

<i>Name des Tools</i>	<i>Typ</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Benutzerfreundlichkeit</i>	<i>Codierungsanforderungen</i>	<i>Komplexitätslevels</i>
Corridor Design	ArcGIS-Erweiterung	<ul style="list-style-type: none"> • Konvertiert digitale Höhenmodelle (DEMs) in topografische Neigungs-Positionsraster • Bewertet und vergleicht verschiedene Korridor-Typen • Entwirft Korridore auf Grundlage der Oberflächentopographie 	Kostengünstigste Korridore, Korridoranalysen, Optimierungswerkzeuge	Mässig	Keine	Maximal differenziert
Makurhini [22]	R-Paket	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiziert die Vernetzung von Schutzgebieten und die Bedeutung von Landschaftselementen • Bewertet Szenarien unter Berücksichtigung von Veränderungen der Landschaftsvernetzung • Berücksichtigt die Heterogenität der Landschaft als einschränkenden Faktor 	Vernetzungsmetriken, Netzwerkanalyse	Hoch	R	Fortgeschritten graphbasiert
gdistance [23]	R-Paket	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnet Entfernungen und Routen über Landschaften hinweg unter Berücksichtigung von Gelände- und Lebensraumwiderständen 	Kostengünstigste Wege, Entfernungen, Routenkarten	Mässig	R	Zwischenstufe
least-costpath [24]	R-Paket	<ul style="list-style-type: none"> • Modelliert Wege und Bewegungspotenziale innerhalb einer Landschaft • Berechnet günstigste Wege, einschliesslich probabilistischer oder stochastischer Optionen • Identifiziert potenzielle Korridore oder Barrieren 	Kostengünstigste Wege, Analyse des Bewegungspotenzials	Mässig	R	Grobanalyse



2 Konsolidierter Datensatz zur Bewegung von Arten

Raumgestützte Analysemodelle sind am genauesten, wenn sie anhand artspezifischer Daten parametrisiert werden. Informationen über die Ausbreitungsdistanz (wie weit sich ein Organismus von seiner Geburtspopulation entfernt) und die Grösse des Aktionsraums (die räumliche Ausdehnung der täglichen Aktivitäten eines Organismus) sind häufig verwendete Dateneingaben.

Hier stellen wir einen Datensatz mit wichtigen naturkundlichen Informationen zu Indikatorarten in der Schweiz zur Verfügung. Die Daten können als Eingaben für die räumliche Modellierung und Analyse mit den in diesem Toolkit beschriebenen Softwares verwendet werden. Die Liste der Indikatorarten wurde von InfoSpecies erstellt, welche eine Analyse des Flächenbedarfs für Gilden durchgeführt hat. Gilden sind hier als Gruppen von Arten definiert, die ähnliche Ansprüche an ihren Lebensraum stellen [25]. Jede Gilde hat spezifische Indikatorarten, auf welche wir uns bei der Zusammenstellung des Datensatzes konzentriert haben.

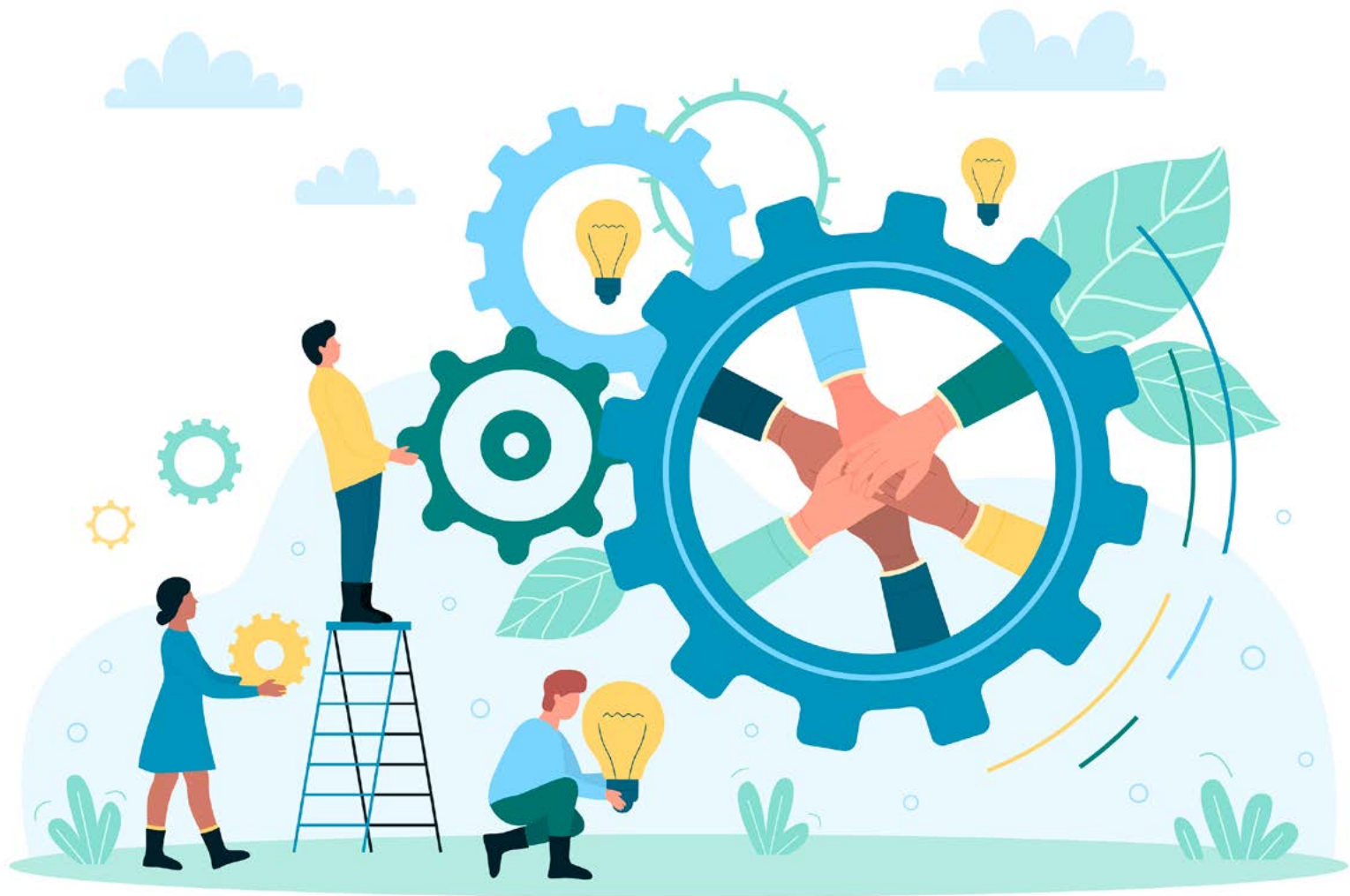
Wir haben Daten aus Forschungs- und Fachpublikationen sowie aus verfügbaren Datenbanken mit artspezifischen Daten zusammengestellt. Zusätzlich zu den Ausbreitungsdistanzen und Aktionsräumen (standardisiert auf Meter bzw. Quadratmeter) haben wir, soweit verfügbar, die folgenden artspezifischen Angaben aufgenommen:

- Körper- oder Samengrösse
- Informationen zu Bewegungsbarrieren
- Schutzeempfehlungen
- Informationen zur Populationsdichte
- Wir haben auch die Liste der Ressourcen und Datenbanken beigefügt, die wir zur Erstellung des Datensatzes verwendet haben.

Weitere Informationen:

- Wir haben bei vielen Arten mehrere Werte für die Ausbreitungsdistanz und die Grösse des Aktionsraums gefunden. Die Werte wurden in unterschiedlicher Form angegeben, d. h. als Einzelwerte, Bereiche, Mittelwerte und Mediane. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, stellen wir den Datensatz in zwei Formen zur Verfügung. Zunächst in «langer» Form, wobei jeder Eintrag für eine bestimmte Art separat aufgeführt ist. Hier werden die Ausbreitungsdistanz und der Aktionsraum als Minimum, Maximum und Mittelwert angegeben. Es ist zu beachten, dass die Daten in dieser langen Form viele leere Zellen enthalten, wo keine Informationen zu einer bestimmten Art verfügbar waren. Zweitens erscheinen die Daten in einer zusammengefassten Form. Dabei haben wir für die Ausbreitungsdistanz und die Grösse des Aktionsraums die Mittelwerte der jeweiligen Mindestdistanzen berechnet. Für die Körpergrösse, Samengrösse, und Samenmasse wurden hingegen die allgemeinen Mittelwerte aus der langen Form übernommen. Die Verwendung der Mindestdistanzen bietet eine konservativere Schätzung für Planungszwecke, um sicherzustellen, dass die empfohlenen Massnahmen auch für Arten mit geringerer Ausbreitungsfähigkeit funktionieren. Zusammen mit den Daten und Metadaten stellen wir den R-Code zur Verfügung, der zur Erstellung des zusammengefassten Datensatzes verwendet wurde.
- Die Texteinträge im Datensatz (Migrationsbarrieren, Informationen zur Populationsdichte usw.) werden in der Originalsprache der zitierten Quelle (Deutsch oder Englisch) angegeben.
- Die letzten beiden Registerkarten des Datensatzes enthalten öffentlich zugängliche Daten von InfoSpecies, die alle Arten in jeder Gilde auflisten und Metadaten für die Liste bereitstellen.

Der Datensatz und der R-Code sind hier zu finden: doi.org/10.3929/ethz-c-000784765.



3 Ressourcensammlung

Die folgenden Ressourcen wurden aus den Beiträgen der Arbeitsgruppe zusammengestellt. Sie können bei der Durchführung von Raumplanungsmodellen und -analysen verwendet werden, z. B. indem die Kartenebenen als Dateneingaben verwendet werden. Wir stellen Projekte vor, die sich auf die Vernetzung von Lebensräumen in der Schweiz konzentrieren, und bieten eine Sammlung von Berichten und Websites, die nützliche Informationen zu den Themen Lebensraumvernetzung, Raumplanung, Modellierung und Analyse enthalten.

Kartenebenen: [Swiss Geo Administration](#)

Das Geoportal des Bundes ist eine interaktive Karte der Schweiz. Es gibt 24 geografische Themenbereiche mit jeweils Dutzenden von Ebenen, die ein- und ausgeblendet werden können. Die Ebene „Natur und Umwelt“ enthält unter anderem Angaben zur Verbreitung von Arten, zu Bodentypen und zum Naturschutz. Über die Option «Thema wechseln» können andere Themen und die dazugehörigen Ebenen erkundet werden. Nennenswerte Themen sind: (1) BAFU mit zusätzlichen Artenverbreitungen, darunter invasive Arten, Bundesinventare, Schutzgebiete und Waldreservate; (2) BFS mit Ebenen, die Gebäude, Landnutzung und Bodenbedeckung zeigen; (3) ASTRA mit dem Strassen- und Bundesbahnnetz und damit verbundenen Umweltauswirkungen wie Schadstoff- und Lärmemissionen. Jede Ebene verfügt über ein Informationssymbol mit einer Beschreibung, einer Legende und der räumlichen Auflösung. In vielen Fällen gibt es Bundesberichte, die mit den räumlichen Daten in Verbindung stehen - in diesen Fällen wird der entsprechende Bericht zitiert.

Kartenebenen: [EnviDat-Lebensraumkarte der Schweiz](#)

Die Lebensraumkarte der Schweiz [26] ist ein vom BAFU finanziertes Projekt der WSL, das eine Karte der Schweizer Lebensräume gemäss der TypoCH-Klassifizierung [27] erstellt hat. Sie verwendet Landbedeckungs-

daten aus dem topografischen Landschaftsmodell von Swisstopo. Diese Daten wurden mit Artenverbreitungsmodellen verknüpft, um Kartenebenen zu erstellen, welche die räumliche Verteilung einzelner Lebensraumtypen zeigen. Es gibt ein Download-Paket für die gesamte Schweiz und einzelne Pakete für jeden Kanton. Jedes Paket enthält eine Geodatenbank-Datei (.gdb-Datei, kompatibel mit ArcGIS, QGIS und R), ein PDF-Dokument mit der Datenbeschreibung und die Ebenen, welche für die Legende erforderlich sind. Die Lebensraumkarte lässt sich auch über das Geoportal des Bundes map.geo.admin.ch (Suchbegriff: Lebensraumkarte) einblenden und beziehen.

Kartenebenen: [InfoSpecies-Gilden-Karten](#)

InfoSpecies verfügt über umfangreiche Informationen zu den räumlichen Anforderungen und der aktuellen räumlichen Ausdehnung von Gilden in jedem Kanton. Es gibt eine interaktive Karte der Schweiz mit Filtern für jede Gilde, die zeigt, wo wie viel zusätzliche Fläche benötigt wird. Die Daten sind auf Hektar-Raster-Ebene aggregiert. Es ist möglich, GeoJSON-Dateien mit Ebenen für die beobachtete und die potenzielle Lebensraumqualität herunterzuladen. Die Daten sind auch in tabellarischer Form verfügbar, d. h. zur Erstellung von Grafiken und Diagrammen. Zu den vorkommenden Arten in den entsprechenden Gilden gibt es Listen für die gesamte Schweiz und für die einzelnen Kantone. Es können auch Daten zu den Fundpunkten vieler Arten bei InfoSpecies angefragt werden.

Projekt: [ValPar.CH-Geodaten](#)

ValPar.CH stellt systematische Informationen über die ökologische Qualität der Schweiz bereit. Diese ermöglichen es, den ökologischen Wert flächendeckend zu erfassen und räumlich darzustellen. Differenzierte, hochauflösende Modellierungen der naturräumlichen Grundlagen ermöglichen eine Prognose der daraus resultierenden Ökosystemleistungen und der Artenverteilung. Die Ergebnisse der ValPar.CH-Modellierungen ergänzen bestehende Planungsgrundlagen, indem sie helfen, aktuelle und künftige ökologische Potenziale von Flächen in einer zeitlichen Dimension (z. B. auch infolge des Klimawandels) besser abzuschätzen.

Projekt: [Projekte von Wyss Academy for Nature Hub Bern](#)

Die «Wyss Academy for Nature» ist eine Organisation, die sich mit sozialen und ökologischen Fragen auf der ganzen Welt befasst. Wir stellen zwei ihrer Schweizer Projekte vor, die für die Vernetzung von Lebensräumen von besonderer Bedeutung sind: (1) Wassermanagement (LANAT-3): Erfasst und beschreibt Populationen und Lebensraumparameter von Fischen und einigen Makroinvertebraten in den Einzugsgebieten von Aare und Rhein. Das Projekt entwickelt Biodiversitätsmodelle und Priorisierungsinstrumente, um die Planung von Schutz- und Wiederherstellungsmassnahmen für Gewässerlebensräume zu unterstützen. In der zweiten Phase des Projekts werden die Modelle und Instrumente auf das gesamte Schweizer Flussnetz ausgeweitet. (2) Ökologische Infrastruktur (LANAT-6): Analyse der Ökologischen Infrastrukturplanung im Kanton Bern. Dabei werden räumliche Daten generiert, um die Erhaltung und Verbesserung bestehender Kern- und Vernetzungsgebiete zu priorisieren und die Lage neuer Gebiete auszuwählen.

Bericht: [Guidelines for connectivity conservation and planning in Europe](#) (NaturaConnect) [28]

Ein von der Europäischen Union finanzierter Bericht unter der Leitung des Projekts «Horizon Europe NaturaConnect» ist ein umfassender Leitfaden zu den ökologischen und politischen Aspekten der Planung und Umsetzung funktionaler und struktureller Konnektivität auf europäischer Ebene. Dieser bietet einen Überblick über Vernetzungskonzepte und Planungsansätze, beschreibt verschiedene Instrumente und Methoden und enthält Leitlinien für die Umsetzung. Ausserdem werden Einblicke in die Priorisierung von Vernetzungsprojekten gegeben. Der Bericht basiert auf einem Konsultationsprozess mit Interessengruppen und enthält Beispiele aus ganz Europa, von regionaler bis internationaler Ebene. Es ist aber zu beachten, dass der Schwerpunkt dieses Berichts auf terrestrischen Lebensräumen liegt.

Website: [Conservation Evidence](#)

«Conservation Evidence» wurde von einem Forschungsteam der Universität Cambridge entwickelt. Es handelt sich um eine suchmaschinenbasierte Website, auf der Nutzer zusammengefasste Informationen zu verschiedenen Managementstrategien und -ansätzen finden können. Nutzende können nach einzelnen Arten, Strategien oder anderen Stichwörtern suchen und werden zu einer Tabelle weitergeleitet, die eine Liste von Managementstrategien und Studien zu dem Thema und eine auf den Studien basierende Bewertung dazu enthält, wie der Nutzen der Strategien eingeschätzt

wird. Einige Strategien wurden allerdings noch nicht bewertet. Es ist darüber hinaus möglich, die Ergebnisse nach Land, zusätzlichen Stichwörtern, Lebensraum und Strategie-Kategorie zu filtern. Die Nutzenden können direkt auf die in der Bewertung enthaltenen Zusammenfassungen und Zitate aus Studien zugreifen. Die Hauptseite ist in englischer Sprache, aber es gibt eine integrierte Google-Übersetzungsfunktion, mit der die Seite ins Deutsche, Französische oder Italienische übersetzt werden kann.

Website: [Conservation Corridor](#)

Diese Ressource ist eine gemeinsame Initiative der «Wilburforce Foundation», des «Center for Large Landscape Conservation», der «Michigan State University» und der «United States National Science Foundation». Der Schwerpunkt liegt auf Lebensraumkorridoren, obwohl auch Informationen zu anderen Themen im Zusammenhang mit der Lebensraumvernetzung verfügbar sind, insbesondere auf den Seiten «Tools» und «Technical Guides». Die Website bietet Planungshilfe durch Informationen zu vielen technischen Tools. Sie enthält auch einen Entscheidungsbaum zur Bewertung, welches Tool am besten geeignet ist (in Anlehnung an Dutta et al. 2022 [1]). Das Kapitel zum Entscheidungsbaum enthält eine Liste mit Erläuterungen zu verschiedenen Arten von Eingabedaten, zur Vorbereitung der Daten und zur Funktionsweise verschiedener Plattformen und Betriebssysteme.

Buch: [Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making](#) [29]

Dieses Buch wurde von einer Gruppe von Forschenden aus aller Welt verfasst und zielt darauf ab, durch evidenzbasierte Naturschutzplanung eine engere Partnerschaft zwischen Forschung und Praxis zu schaffen. Im ersten Teil werden Ansätze zur Erfassung, Bewertung und Präsentation von Forschungsergebnissen im Bereich Naturschutz beschrieben. Im zweiten Teil werden die Prozesse der Identifizierung von Interessengruppen, der Problemdefinition und der Entscheidungsfindung beschrieben.

4 Referenzen

1. Dutta T, Sharma S, Meyer N F V, Larroque J, Balkenhol N (2022) An overview of computational tools for preparing, constructing and using resistance surfaces in connectivity research. *Landsc. Ecol.* 37, 9: 2195–2224. doi.org/10.1007/s10980-022-01469-x
2. Wade AA, McKelvey KS, Schwartz MK (2015) Resistance-surface-based wildlife conservation connectivity modeling: Summary of efforts in the United States and guide for practitioners. Gen Tech Rep RMRS-GTR-333 Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mt. Res. Stn. 93. doi.org/10.2737/rmrs-gtr-333
3. Milanesi P, Holderegger R, Caniglia R, Fabbri E, Galaverni M, Randi E (2017) Expert-based versus habitat-suitability models to develop resistance surfaces in landscape genetics. *Oecol.* 183, 1: 67–79. doi.org/10.1007/s00442-016-3751-x
4. Unnithan Kumar S, Cushman S A (2022) Connectivity modelling in conservation science: a comparative evaluation. *Sci. Rep.* 12: 16680. doi.org/10.1038/s41598-022-20370-w
5. Urbina L, Lehmann A, Huber L, und Fischer C (2024) Combining multi-species connectivity modelling with expert knowledge to inform the green infrastructure design. *J. Nat. Conserv.* 81: 126654. doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126654
6. Greenaway G (2016) Connecting the Dots: A Guide to Using Ecological Connectivity Modeling in Municipal Planning (Rep.). Miistakis Inst., Calgary, Alberta. Abgerufen: hdl.handle.net/1880/107165
7. Chernoff G (2016) Pulling the Levers: A Guide to Modeling and Mapping Ecological Connectivity. Miistakis Inst., Calgary, Alberta. doi.org/10.11575/PRISM/34994
8. Vögeli P, Aebli A (2024) Fachplanung Ökologische Infrastruktur Dokumentation Kanton Glarus. Bau Umw., Umweltschutz Energ., Glarus, CH. Abgerufen: gl.ch/public/upload/assets/58268/Fachplanung_%C3%96l_GL_Dokumentation_V.1.0_202408.pdf?fp=1
9. Albright W, Ament R, Callahan R, Frantz M, Grabau M, Johnson ME (2021) Connectivity and climate change toolkit. Abgerufen: pubs.usgs.gov/publication/70218826
10. Singleton PH, McRae BH (2013) Assessing habitat connectivity. In: Conservation Planning: Shaping the Future. Craighead FL, Convis, CL, eds. 245–270. doi.org/10.13140/2.1.3905.7607
11. Carroll C, McRae BH, Brookes A (2012) Use of Linkage Mapping und Centrality Analysis Across Habitat Gradients to Conserve Connectivity of Gray Wolf Populations in Western North America. *Conservation Biology* 26, 1: 78–87. doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01753.x
12. Richman S, Camichel A, Lieberherr E, Pärli R, Widmer A, Ammann J, u. a. (2026) Funktionale Vernetzung von Lebensräumen: Eine konsolidierte Wissensbasis für die Schweiz Syntheszentrum Biodiversität. doi.org/10.3929/ethz-c-000782984
13. Camichel A, Richman S, Pärli R, Widmer A, Ammann J, Baumann E, u. a. (2025) Übersicht relevanter Policy-Aspekte für die sektorübergreifende Umsetzung der Ökologischen Infrastruktur Syntheszentrum Biodiversität. doi.org/10.3929/ethz-c-000783033
14. Correa Ayram CA, Mendoza ME, Etter A, Salicrup DRP (2016) Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography: Earth Environ.* 40, 1: 7–37. doi.org/10.1177/0309133315598713

15. Hashemi R, Darabi H (2023) The Review of Ecological Network Indicators in Graph Theory Context: 2014–2021. *Int. J. Environ. Res.* 16, 2: 24. doi.org/10.1007/s41742-022-00404-x
16. Tiwari A, Saran S, Avishek K (2023) Overview of modeling techniques for ecological Connectivity in heterogeneous landscape. In Review. doi.org/10.21203/rs.3.rs-2509154/v1
17. Foltête J-C, Vuilled G, Savary P, Clauzel C, Sahraoui Y, Girardet X, Bourgeois M (2021) Graphab: An application for modeling and managing ecological habitat networks. *Softw. Impacts* 8: 10065. doi.org/10.1016/j.simpa.2021.100065
18. Saura S, Tomé J (2009) Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Modelling Softw.* 24: 135–139. doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005
19. Hodgson JA, Thomas CD, Dytham C, Travis MJ, Cornell SJ (2012) The speed of range shifts in fragmented landscapes. *PLoS ONE* 7, 10: e47141. doi.org/10.1371/journal.pone.0047141
20. Brás R, Cerdeira O, Alagador D, Araújo MB (2013) Linking habitats for multiple species. *Environ. Modelling Softw.* 40: 336–339. doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.08.001
21. Hall KR, Anantharaman R, Landau VA, Clark M, Dickson BG, Jones A, u. a. (2021) Circuitscape in Julia: Empowering dynamic approaches to connectivity assessment. *Land.* 10, 3: 301. doi.org/10.3390/land10030301
22. Godínez-Gómez O, Correa-Ayram C, Goicolea T, Saura S (2025) Makurhini: An R package for comprehensive analysis of landscape fragmentation and connectivity. doi.org/10.21203/rs.3.rs-6398746/v1
23. van Etten J (2017) R Package gdistance: Distances and routes on geographical grids. *J. Stat. Softw.* 17, 13: 1–21. doi.org/10.18637/jss.v076.i13
24. Lewis J (2021) Probabilistic modelling for incorporating uncertainty in least cost path results: A postdictive Roman road case study. *J. Archaeol. Method Theory* 28: 911–924. doi.org/10.1007/s10816-021-09522-w
25. Rutishauser, E u. a. (2023) Wie viel Fläche braucht die Artenvielfalt der Schweiz? Analyse zu bestehender Qualitätsfläche und zum Flächenbedarf basierend auf den Funddaten der nationalen Arten-Datenzentren. InfoSpecies, Neuenburg.
26. Price B, Huber N, Nussbaumer A, Ginzler C (2023) The Habitat Map of Switzerland: A Remote Sensing, Composite Approach for a High Spatial and Thematic Resolution Product. *Remote Sens.* 15, 3: 643. doi.org/10.3390/rs15030643
27. Delarze R, Gonseth Y, Eggenberg S, Vust M (2015) Lebensräume der Schweiz: Ökologie – Gefährdung – Kennarten 3., vollständig überarbeitete Auflage. Bern: Ott der Sachbuchverlag. ISBN: 978-3-7225-0149-9.
28. Moreira F, Dias FS, Dertien J, Hasse AC, Borda-de-Água L, Carvalho S, u. a. (2024) Guidelines for connectivity conservation and planning in Europe. *ARPHA Preprints*. europepmc.org/article/PPR/PPR863630
29. Sutherland, WJ (2022) *Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making*. Open Book Publishers, Cambridge, U.K. doi.org/10.11647/OBP.0321



Ökologische Infrastruktur umsetzen: die Rolle der sektorübergreifenden Koordination

Synthesezentrum Biodiversität (2026)

Adresse

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
044 739 28 97

info@wsl.ch
www.synthesebiodiv.ch

ETH zürich



eawag
aquatic research 000